

# INTRANETS EDUCATIVAS PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS DE SALTA

Sergio Rocabado<sup>1</sup>, Emilse Tacacho<sup>2</sup>, Carina Reyes<sup>3</sup>, María Laura Masse<sup>3</sup>, Carlos Cadena<sup>4</sup>

(1) Consejo de Investigación Universidad Nacional de Salta (CIUNSa)  
Universidad Nacional de Salta  
[srocabado@di.unsa.edu.ar](mailto:srocabado@di.unsa.edu.ar)

(2) Centro de Investigaciones Sociales y Educativas del Norte Argentino (CISEN)  
Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Salta  
[emi.tacacho@gmail.com](mailto:emi.tacacho@gmail.com)

(3) Departamento de Informática  
Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta  
[reyescarina@gmail.com](mailto:reyescarina@gmail.com), [mlmassep@gmail.com](mailto:mlmassep@gmail.com)

(4) Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO),  
Universidad Nacional de Salta y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas  
[cadenacinenco@gmail.com](mailto:cadenacinenco@gmail.com)

## Resumen

La Provincia de Salta posee numerosas regiones aisladas o remotas a las cuales no llegan las redes convencionales de distribución de energía eléctrica y de datos móviles.

En algunos casos, estas regiones tienen sistemas alternativos (Pe. zonas alimentadas por energía solar) que permiten que los pobladores tengan un servicio limitado de energía y de redes celulares. Sin embargo, tanto la condición de ausencia como la de limitación a estos recursos, impiden el desarrollo normal de procesos básicos del ser humano, como el proceso de aprendizaje. Esta dificultad se vio acentuada en el período de pandemia en dichas regiones.

Con el propósito de contribuir a una educación inclusiva, que no deje de lado a las personas que habitan en zonas remotas, en esta investigación se plantea el diseño e implementación de un modelo de red que permita el acceso a la sociedad de conocimiento en estas zonas.

El modelo de red se sustenta en tecnologías de bajo consumo energético que posibilitan el aprovechamiento de energías renovables. Los contenidos educativos se instalan en los servidores de placa simple (Raspberry) y son accedidos desde dispositivos móviles utilizando redes inalámbricas Bluetooth o WiFi. En función de los requerimientos energéticos de los equipos, se dimensionan pico sistemas fotovoltaicos para abastecer de energía a los dispositivos que forman parte de la red.

La solución estudiada puede ser utilizada en otras zonas rurales del país que presenten características similares de aislamiento.

**Palabras clave:** Intranet, dispositivos móviles, consumo de energía, escuelas rurales aisladas, energía solar fotovoltaica.

## 1 Contexto

El presente trabajo se lleva a cabo en el marco del proyecto de investigación N° 2607 “Intranets educativas para escuelas rurales aisladas de Salta” en colaboración con el proyecto de investigación N° 2319 “Energía solar fotovoltaica y eólica: desarrollo y transferencia de equipos a pobladores de zonas rurales de la Provincia de Salta, y su impacto en la calidad de vida”. Los dos proyectos están financiados por el Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta, el primero durante el período enero 2019 a diciembre 2020 y el segundo de enero de 2017 a diciembre de 2020. Para ambos se solicitó prórroga hasta diciembre de 2021.

El equipo de investigación se encuentra conformado por investigadores del Consejo de Investigación de la UNSa (CIUNSa), del Centro de Investigaciones Sociales y Educativas del Norte Argentino (CISEN) y del Instituto de Investigaciones en Energía no Convencional (INENCO - CONICET).

Una de las investigadoras del proyecto, la profesora Emilse Tacacho, es coordinadora de Educación Rural de la Provincia de Salta. La profesora Tacacho colabora en la selección de las escuelas rurales aisladas, vinculación con directores y maestros de las escuelas seleccionadas y en la definición de aplicaciones y contenidos educativos que son instalados en los servidores de las Intranets.

Además, existen vinculaciones con las siguientes instituciones:

- Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Provincia de Salta. Se encuentra en desarrollo un protocolo de colaboración recíproca entre la coordinación de Educación Rural del Ministerio de

Educación de la Provincia de Salta y el Departamento de Informática de la facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Salta.

- UNICEF. Por intermedio de los referentes pedagógicos para escuelas rurales mediadas por TIC en Salta. Quienes brindan asesoramiento sobre el uso de tecnologías de información en escuelas rurales aisladas. [1]

## 2 Introducción

En Argentina la ruralidad comprende realidades muy diferentes. Por un lado, las poblaciones rurales agrupadas que habitan en pequeñas localidades de menos de dos mil habitantes, y por otro las poblaciones rurales dispersas que habitan en zonas a territorio abierto sin constituir centros poblados. Estas zonas presentan, entre otras, las siguientes problemáticas:

- Aislamiento geográfico. Grandes distancias entre las viviendas de los pobladores y de estas a los centros urbanos.
- Dificultades de acceso. No se dispone de caminos ni medios de transporte, los habitantes se movilizan a pie o usando caballos y mulas.
- Baja densidad demográfica. Número reducido de pobladores habitando un territorio extenso.
- Carencia de servicio de distribución de energía eléctrica. Los habitantes de estas zonas utilizan energías alternativas, como paneles solares y grupos electrógenos, para cubrir necesidades energéticas elementales.
- Dificultades de comunicación. Disponen de servicios de telefonía celular con cobertura limitada, razón por la cual los pobladores se tienen que ubicar en posiciones estratégicas (elevadas y con visión directa) para mejorar la ganancia de señal.



Figura 1. Escuela Albergue “4546” – Paraje El Rosal

Estas problemáticas motivaron la creación de albergues dentro de las escuelas como una forma de garantizar que los chicos asistan cotidianamente a clases. En algunos casos, los alumnos viven en los albergues durante toda la semana (de lunes a viernes) y en otros, permanecen durante todo el ciclo lectivo o en períodos específicos. Para ilustrar las condiciones de aislamiento de estas

escuelas, en la Figura 1 se muestra una imagen de una escuela rural aislada de la Provincia de Salta.

En estos establecimientos educativos la enseñanza mediada por tecnologías digitales es escasa debido a las limitaciones energéticas de la zona y al elevado consumo de los equipos computacionales [2]. Sin embargo, los dispositivos móviles (Celulares y Tablets) constituyen una alternativa viable para este tipo de escuelas, por su bajo consumo energético respecto de computadoras convencionales [3], haciendo posible que los alumnos accedan a contenidos educativos digitales y se nutran de estrategias de enseñanza/aprendizaje basadas en TIC [4].

El uso de celulares, para acceder a contenidos digitales educativos, en escuelas rurales aisladas introduce las siguientes cuestiones:

1. ¿Dónde almacenar y cómo acceder a los contenidos educativos?

En los parajes dispersos en los que se localizan las escuelas rurales aisladas, la provisión del servicio de Internet resulta demasiado compleja, debido al tipo de territorio, la ausencia de infraestructura necesaria en la zona y las dificultades de acceso a servicios básicos. Para estos casos, se propone el uso de Intranets de bajo consumo energético como solución tecnológica que posibilita el acceso a contenidos educativos digitales a los integrantes de la comunidad educativa. En esta solución, los contenidos educativos se almacenan en servidores locales de bajo consumo (tipo Raspberry PI) y son accedidos desde celulares a través de una red Bluetooth LE [5] (Figura 2).

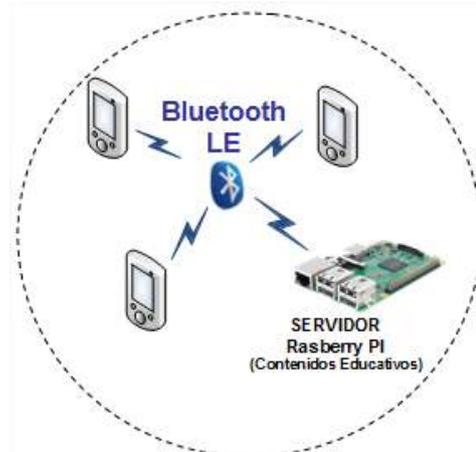


Figura 2. Intranet educativa de bajo consumo energético

2. ¿Cómo administrar la energía disponible?

Las zonas rurales aisladas presentan limitaciones energéticas que dificultan la recarga de baterías de los dispositivos que conforman la Intranet.

Para subsanar este inconveniente, se realiza un estudio sobre el consumo de energía en la Intranet, utilizando herramientas de software y/o hardware para medir/estimar la energía que consume cada dispositivo. Los resultados del estudio permitirán

establecer diferentes mecanismos para reducir el consumo energético de los dispositivos y optimizar el uso de la energía disponible para la Intranet.

### 3. ¿Cómo proporcionar energía a los dispositivos de la intranet?

El recurso energético natural de las regiones aisladas de Salta es la energía solar. La aridez del clima y la latitud tropical hacen que se cuente con una alta radiación solar la mayoría de los días del año. Este recurso puede ser aprovechado para proporcionar energía a los dispositivos de la Intranet, mediante el uso de Sistemas Fotovoltaicos que transformen la energía solar en energía eléctrica [6].

La investigación realizada busca solucionar las siguientes carencias de las poblaciones rurales aisladas con recursos energéticos limitados:

- Imposibilidad de acceso a información digital utilizando dispositivos de bajo consumo energético.
- Acceso a Internet inexistente. Las empresas de telefonía celular no brindan cobertura en estas zonas y la opción de Internet Satelital tiene un elevado costo.
- Falta de equipamiento basado en energías renovables que garantice el uso continuo de dispositivos móviles.

## 3 Líneas de Investigación y Desarrollo

Las principales líneas de investigación de esta propuesta son:

- Tecnologías de la información y la comunicación para escuelas rurales.
- Computadoras de Placa Base de bajo consumo energético.
- Computación móvil. Dispositivos móviles.
- Despliegue de redes inalámbricas en zonas aisladas.
- Reducción del consumo energético en dispositivos móviles. Técnicas para administrar y conservar energía.
- Cargadores fotovoltaicos portátiles para dispositivos móviles.

## 4 Objetivos y Resultados

### 4.1 Objetivos

Objetivo general:

- Diseñar estrategias para el despliegue de Intranets educativas en regiones rurales aisladas, haciendo uso de tecnologías de bajo consumo energético que faciliten el aprovechamiento de la energía solar disponible.

Objetivos específicos:

- Analizar y seleccionar tecnologías de bajo consumo energético que permitan implementar Intranets en regiones aisladas con recursos energéticos limitados.
- Determinar los requerimientos energéticos de los equipos que forman la Intranet y especificar el equipamiento basado en energía solar que entregue la potencia demandada por los dispositivos.
- Establecer procedimientos para reducir el consumo energético de dispositivos móviles, sin afectar su rendimiento y confiabilidad.
- Seleccionar las aplicaciones y contenidos educativos (en colaboración con los maestros) que serán instalados en los servidores de la Intranet.

### 4.2 Resultados

Entre los resultados más relevantes se encuentran:

- Diferentes mecanismos para la optimización del consumo energético en dispositivos móviles para su uso en zonas rurales aisladas abastecidas con energía solar fotovoltaica, presentados en [7].
- Realización de experiencias educativas mediadas por TIC en comunidades educativas aisladas, publicadas en congresos educativos de la temática ([8], [9] y [10]).
- Diseño de un Pico Sistema Fotovoltaico de tamaño y peso reducido, optimizado para entregar la energía eléctrica requerida por los dispositivos que forman la Intranet, presentado en [11] y [12].

## 5 Impacto

La realización del proyecto permitió recoger experiencia en regiones con poblaciones de culturas muy diferentes, situadas en zonas geográficas muy distintas por su clima y orografía. Esta experiencia permitió establecer una metodología de trabajo multidisciplinaria para la selección de aplicaciones y contenidos educativos a utilizar en las escuelas rurales, su instalación en la Intranet y su posterior operación y mantenimiento.

La implementación de Intranets de bajo consumo energético abastecidas con energía solar fotovoltaica, permitió a los maestros rurales el empleo de TIC en sus clases y acercó las tecnologías de la información y comunicación a los alumnos.

La aplicación de esta investigación generó un significativo impacto social en las comunidades educativas rurales aisladas donde se desarrolló el trabajo experimental. A continuación se presentan los aportes más relevantes:

- Disminución de la brecha digital existente entre establecimientos educativos rurales y urbanos, posibilitando que alumnos de escuelas rurales aisladas (que no cuentan con acceso a Internet)

accedan a contenidos digitales educativos alojados en los servidores de la Intranet.

- Mejoras en el proceso de enseñanza y aprendizaje en comunidades escolares rurales aisladas, mediante la implementación de estrategias educativas de m-learning sobre la intranet.
- Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica, para posibilitar el uso de dispositivos móviles en regiones aisladas.
- Mejoras en el uso de la tecnología disponible en escuelas aisladas, teniendo en cuenta que algunos alumnos son propietarios de equipos celulares que utilizan como reproductores de música o cámaras fotográficas y no como dispositivos de comunicación.



Figura 3. Comunidad educativa de El Rosal con integrantes del proyecto de investigación N° 2607

La cuarentena generada por el Covid-19 ha puesto aún más en evidencia la brecha digital existente entre zonas urbanas y rurales aisladas. Debido a las medidas de aislamiento social las escuelas permanecieron cerradas. Mientras que en los centros educativos urbanos se realizan actividades virtuales y se continuó con el dictado en colaboración con padres de familia, la educación en las escuelas rurales aisladas fue completamente interrumpida, ya que los alumnos no cuentan con acceso a Internet, o el mismo es muy limitado. Ante esto, las Intranets de bajo consumo se constituyen en una alternativa viable para facilitar a los alumnos el acceso a contenidos educativos sin necesidad de trasladarse a lugares con cobertura de red celular o acceso a Internet.

## 6 Formación de recursos humanos

La propuesta involucra la integración de los conocimientos en esta área por parte de investigadores del Departamento de Informática de la Universidad Nacional de Salta (UNSa) y del Instituto de Investigaciones en Energía no Convencional (INENCO).

Uno de los investigadores finalizó el doctorado en Ciencias Informáticas de la UNLP, el trabajo de investigación de la tesis [13] se encuentra directamente relacionado con este proyecto.

El proyecto cuenta con la participación de estudiantes avanzados de carreras de grado en Informática,

pertenecientes a la UNSa, los cuales reciben formación en las áreas de computación móvil, energía solar y eficiencia energética; además, experiencia en el desarrollo de investigaciones. Dos alumnos están finalizando, con temáticas relacionadas al proyecto, la tesis de grado de la Licenciatura en Análisis de Sistemas de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNSa.

## Bibliografía

1. UNICEF. (2019). *Enseñar y aprender en las Secundarias Rurales mediadas por Tecnologías*. UNICEF. Buenos Aires.
2. Magadán, C. (2008). *Las TIC en Escuelas rurales de La Argentina*. Las TIC: del aula a la agenda política, Ponencias del Seminario internacional Cómo las TIC transforman las escuelas. IPE-UNESCO, Sede Regional Buenos Aires, UNICEF.
3. Rocabado, Sergio; Cadena, Carlos. (2015). *Uso de dispositivos móviles inteligentes en zonas rurales aisladas abastecidas con energía solar fotovoltaica*. Paper presented at the CACIC 2015.
4. Rocabado, Sergio; Cadena, Carlos; Ottavianelli, Emilce. (2017). *Propuesta para el uso de TDICs en comunidades educativas rurales. Una experiencia en escuelas albergue*. Paper presented at the Congresso Brasileiro de Informática na Educação, Recife - Brasil.
5. SPECIAL INTEREST GROUP Bluetooth. (2010). Bluetooth v4.0 low energy (LE). from <http://www.bluetooth.com/Pages/Low-Energy.aspx>
6. Attia, Yousif I. Al-Mashhadany; Hussain A. (2014, November 12). *High performance for real portable charger through lowpower PV system*. Paper presented at the International Journal of Sustainable and Green Energy.
7. Rocabado, Sergio. (2020). *Optimización del consumo energético en dispositivos móviles para su uso en zonas rurales aisladas abastecidas con energía solar fotovoltaica*. (Tesis Doctoral), Universidad Nacional de La Plata, La Plata - Argentina.
8. Rocabado, Sergio; Cadena, Carlos; Ottavianelli, Emilce. (2018). *Propuesta para el uso de las TDIC en comunidades educativas rurales. Una experiencia en escuelas albergue*. Paper presented at the CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO. CBIE 2017, Recife - Brasil. ISSN 2316-6533.
9. Rocabado, Sergio; Cadena, Carlos; Ottavianelli, Emilce. (2018). *Propuesta tecnológica para introducir el aprendizaje mediado por tics en escuelas rurales aisladas del NOA*. Paper presented at the EDUTEC 2018, Lerida - España.
10. Rocabado, Sergio; Cadena, Carlos. (2020). *Uso de TIC en comunidades educativas aisladas: Una experiencia pedagógica mediada por dispositivos móviles abastecidos con energía solar fotovoltaica*. In UMA (Ed.), *Tecnologías educativas y estrategias didácticas* (pp. 552-562). Málaga - España.

11. Rocabado, Sergio, & Cadena, Carlos. (2015). *Cargadores solares portátiles para el uso de dispositivos móviles en zonas rurales aisladas del NOA*. Paper presented at the ASADES 2015.
12. Rocabado, Sergio, & Cadena, Carlos. (2016). *Mini sistemas fotovoltaicos para el uso de dispositivos móviles en zonas rurales: Optimización de la potencia entregada y consumida*. Paper presented at the Congreso Brasileiro de Energía Solar - CBENS 2016.
13. Rocabado, Sergio. (2015 - 2017). *Optimización del consumo energético en dispositivos móviles para su uso en zonas rurales aisladas abastecidas con energía solar fotovoltaica*. Doctorado en Ciencias Informáticas. UNLP.
14. Tarkoma, Sasu; Siekkinen, Matti; Lagerspetz, Emil; Xiao, Yu (2014). *Smartphone Energy Consumption: Modeling and Optimization* (pp. 234).
15. Attia, Y. I. Al-Mashhadany; H. A. (2014). Novel Design and Implementation of Portable Charger through Low-Power PV Energy System. *Advanced Materials Research*, 925, pp. 495-499 (ISSN 1662-8985).
16. Zhang, Lide. (2013). *Power, Performance Modeling and Optimization for Mobile System and Applications*. (Thesis - Doctor of Computer Science and Engineering), University of Michigan.
17. Schuss, C; Rahkonen, T. (2013, 11-15 Nov.). *Solar Energy Harvesting Strategies for Portable Devices such as Mobile Phones*. Paper presented at the 2013 14th Conference of Open Innovations Association (FRUCT) - IEEE, Espoo.
18. Távora, Filipe; Maia, Andrea Sarmiento. (2012). *Solar Battery charger for portable devices application*. SiliconReef Consultoria, Pesquisa e Projetos em Tecnologia da Informação. Retrieved from [www.siliconreef.com.br](http://www.siliconreef.com.br)
19. Carroll, Aaron; Heiser, Gernot (2010). *An Analysis of Power Consumption in a Smartphone*. Paper presented at the USENIX Annual Technical Conference, Boston, MA, USA.
20. Bekaroo, G., & Santokhee, A. (2016, 3-6 Aug. 2016). *Power consumption of the Raspberry Pi: A comparative analysis*. Paper presented at the 2016 IEEE International Conference on Emerging Technologies and Innovative Business Practices for the Transformation of Societies (EmergiTech).
21. Wai Mar Myint Aung, Yadanar Win, Nay Win Zaw. (2018). *Implementation of Solar Photovoltaic Data Monitoring System*. International Journal of Science, Engineering and Technology Research. Vol. 7. Issue 8.
22. Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. (2015 - 2019). Segundo Proyecto de Mejoramiento de Educación Rural. <https://www.argentina.gob.ar/promer-ii>.
23. Secretaria de Energia - Ministerio de Planificación. (2015). PERMER, Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales. from <https://www.se.gob.ar/permer/>